

Formación de lotes para el control estadístico de la resistencia del hormigón, según la EHE-08

Gustavo Furest Aycart

COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TÉCNICOS DE ALICANTE

RESUMEN

La Comisión Permanente del Hormigón ha elaborado una actualización de la Instrucción de Hormigón Estructural, materializada en la EHE-08. Entre las novedades, son significativas las correspondientes a la formación de lotes para el control estadístico de la resistencia del hormigón, durante el suministro.

Esta comunicación pretende desarrollar un análisis de la formación de lotes para el control estadístico de la resistencia del hormigón, con los criterios que establece la EHE-08, mediante la exposición de varios casos prácticos. Asimismo se comparan los resultados con los que se han venido obteniendo con la EHE.

Hay que hacer notar que esta comunicación se ha redactado un mes después de la publicación de la EHE-08 en el BOE, por lo que si se produjeran novedades en la interpretación de los criterios que aquí se exponen serían considerados en la presentación que se realizará en CONTART 2009.

1.- INTRODUCCIÓN

Los nuevos criterios establecidos en la EHE-08 para la formación de lotes en el control estadístico del hormigón han supuesto un cambio radical con respecto a los de la EHE.

En la anterior Instrucción EHE, la división de lotes dependía de que las estructuras dispusieran únicamente de elementos sometidos a flexión o de que, por el contrario, tuvieran elementos comprimidos.

En el primer caso, a las estructuras que únicamente tenían elementos sometidos a flexión, como muros de contención y forjados con pilares metálicos o muros de carga, se aplicaban los límites establecidos en la columna central de la Tabla 88.4.a de la EHE.

En el segundo, estructuras con elementos comprimidos, si se trataba de pórticos formando nudos, para la formación de los lotes se aplicaban los límites de la columna izquierda de la mencionada tabla. En estos casos, los lotes incluían tanto a los elementos a flexión como a los comprimidos, siempre que sus amasadas procedieran del mismo suministrador, estuvieran elaboradas con las mismas materias primas y dispusieran de la misma dosificación nominal.

Si se trataba de estructuras con apoyos simples, en las que la resistencia especificada del hormigón de los elementos a flexión era diferente a la de los comprimidos o cuando la estructura independizaba totalmente ambos elementos y no incluía nudos entre elementos a flexión y sus apoyos comprimidos, los comentarios del apartado 88.4 de la EHE puntualizaban que el hormigón sería controlado por separado, con lotes establecidos por los límites de la columna central e izquierda, respectivamente. Este criterio se aplicaba también cuando se incumplía alguna de las condiciones generales para todas las amasadas de un mismo lote. Es decir, cuando:

- No procedían del mismo suministrador.
- No estaban elaboradas con las mismas materias primas.
- No eran el resultado de la misma dosificación nominal.

En cuanto a los elementos macizos, no han sufrido ninguna variación, por lo que continúa programándose un lote cada 100 m³ y vigilando, posteriormente, el cumplimiento de los límites en los plazos de tiempo de hormigonado.

2.- FORMACIÓN DE LOTES EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS HORMIGONES SIN DISTINTIVO DE CALIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO

Para la formación de lotes en el control estadístico de los hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido, la EHE-o8 establece en el apartado 86.5.4.1 Lotes de control de la resistencia, lo siguiente:

Para el control de su resistencia, el hormigón de la obra se dividirá en lotes, previamente al inicio de su suministro, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 86.5.4.1, salvo excepción justificada bajo la responsabilidad de la Dirección Facultativa. El número de lotes no será inferior a tres. Correspondiendo en dicho caso, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1.

De forma similar a lo estipulado en la EHE, la EHE-o8 añade:

Todas las amasadas de un lote procederán del mismo suministrador, estarán elaboradas con los mismos materiales componentes y tendrán la misma dosificación nominal. Además, no se mezclarán en un lote hormigones que pertenezcan a columnas distintas de la Tabla 86.5.4.1.

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m ³	100 m ³	100 m ³
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m ²	1.000 m ²	—
Número de plantas	2	2	—

*Fig. 1: Tabla 86.5.4.1 de la EHE-o8
Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia, para hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido.*

Cambios respecto a la EHE

La novedad principal reside en la tipología de elementos estructurales de las columnas izquierda y central, pues la derecha no varía. Esta modificación implica un criterio distinto en la formación de los lotes.

Mientras en la columna izquierda de la tabla de la EHE se indicaba “Estructuras que tienen elementos comprimidos”, ahora en la EHE-08 se describe como “Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión”. Y si en la columna central de la EHE recogía “Estructuras que tienen únicamente elementos sometidos a flexión (forjados de hormigón con pilares metálicos,...)”, en la EHE-08 los presenta como “Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón,...).”

Con el criterio de la EHE-08 ya no se permite agrupar el hormigón de la estructura conjuntamente sino que, por el contrario, es preciso realizar el cálculo de lotes de forma separada, empleando los límites de la columna izquierda de la tabla para los elementos que funcionan a compresión y los de la columna central para los que lo hacen a flexión.

También hay que hacer notar que en la Tabla 86.5.4.1 de la EHE-08 se ha eliminado el límite del número de amasadas que aparecía en anteriores Instrucciones (aun cuando no era obligatorio en obras de edificación).

3.- EJEMPLOS DE FORMACIÓN DE LOTES EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS HORMIGONES SIN DISTINTIVO DE CALIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO

3.1. EDIFICIO CON CIMENTACIÓN POR ZAPATAS DE HORMIGÓN Y ESTRUCTURA DE PÓRTICOS CON NUDOS Y FORJADOS DE HORMIGÓN. TODO EL HORMIGÓN ES HA-25/B/20/IIA Y PROCEDE DE LA MISMA CENTRAL

Deberán formarse lotes independientes en:

- Pilares, con los límites de la columna izquierda.
- Vigas y forjados, con los límites de la columna central.
- Cimentación, con los límites de la columna derecha.

3.2. EDIFICIO CON CIMENTACIÓN POR ZAPATAS DE HORMIGÓN Y ESTRUCTURA DE PILARES METÁLICOS, MUROS DE CARGA DE FÁBRICA Y FORJADOS DE HORMIGÓN. TODO EL HORMIGÓN ES HA-25/B/20/IIA Y PROCEDE DE LA MISMA CENTRAL

Deberán formarse lotes independientes en:

- Vigas y forjados, con los límites de la columna central.
- Cimentación, con los límites de la columna derecha.

4.- CASO PRÁCTICO DE FORMACIÓN DE LOTES EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS HORMIGONES SIN DISTINTIVO DE CALIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO

Supongamos una estructura de hormigón armado procedente de central sin distintivo de calidad oficialmente reconocido, HA-25/B/20/IIa, formada por sótano con muros portantes y de contención, planta baja y cuatro plantas de viviendas.

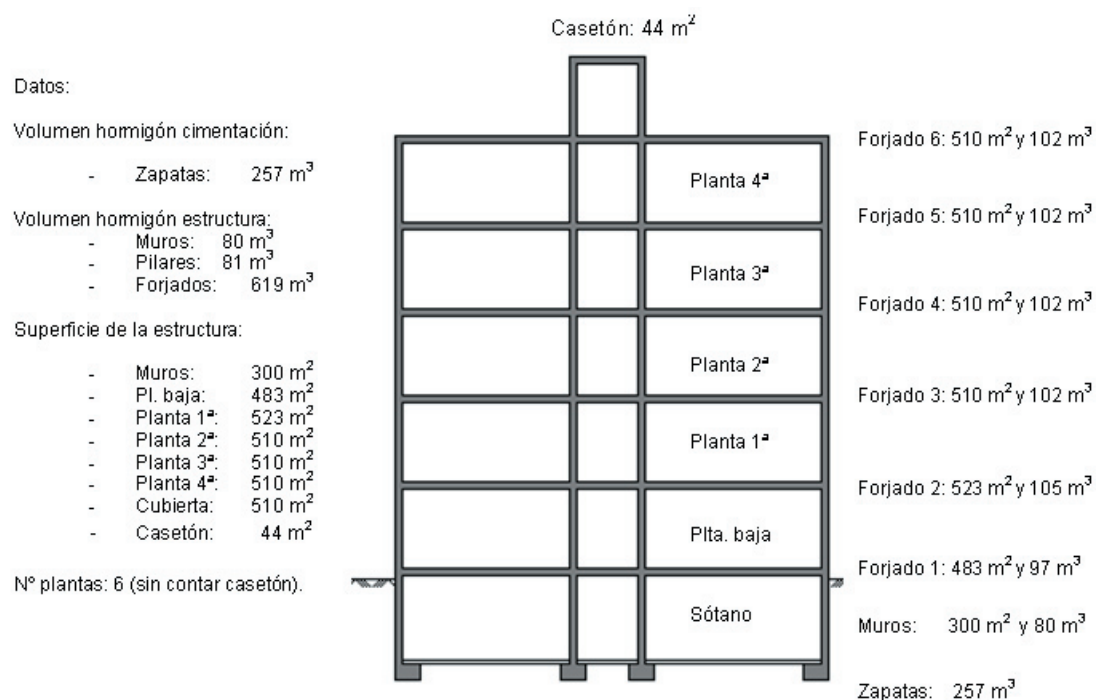


Fig. 2: Datos del caso práctico

Como hemos visto en el caso 3.1, deberán formarse lotes independientes en:

- Muros y pilares, con los límites de la columna izquierda.
- Vigas y forjados, con los límites de la columna central.
- Cimentación, con los límites de la columna derecha.

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	161 m ³ / 100 m ³ = 1,6 2 lotes	619 m ³ / 100 m ³ = 6,2 7 lotes	257 m ³ / 100 m ³ = 2,5 3 lotes
Tiempo de hormigonado	14 sem. / 2 sem. 7 lotes	14 sem. / 2 sem. 7 lotes	3 sem. / 1 sem. 3 lotes
Superficie construida	3.390 m ² / 500 m ² = 6,7 7 lotes	3.090 m ² / 1.000 m ² = 3,1 4 lotes	—
Número de plantas	6 pl. / 2 pl. 3 lotes	6 pl. / 2 pl. 3 lotes	—

Fig. 3: Número mínimo de lotes a ensayar, según EHE-o8.

Por tanto, es necesario programar un mínimo de siete lotes para muros y pilares, otros siete para vigas y forjados, y tres más para cimentación. Posteriormente, durante la ejecución, se vigilará que se cumplen los plazos de tiempo establecidos en la tabla.

El cuadro anterior es el punto de partida. Ahora se deberá aplicar el sentido constructivo a la distribución. Obviando la cimentación, el problema queda centrado en la estructura.

4.1. DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA MUROS Y PILARES

Respecto a los “elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión”, consideramos la posibilidad de formar un lote para los muros y los seis restantes para pilares, a razón de un lote por tramo (ver fig. 4):

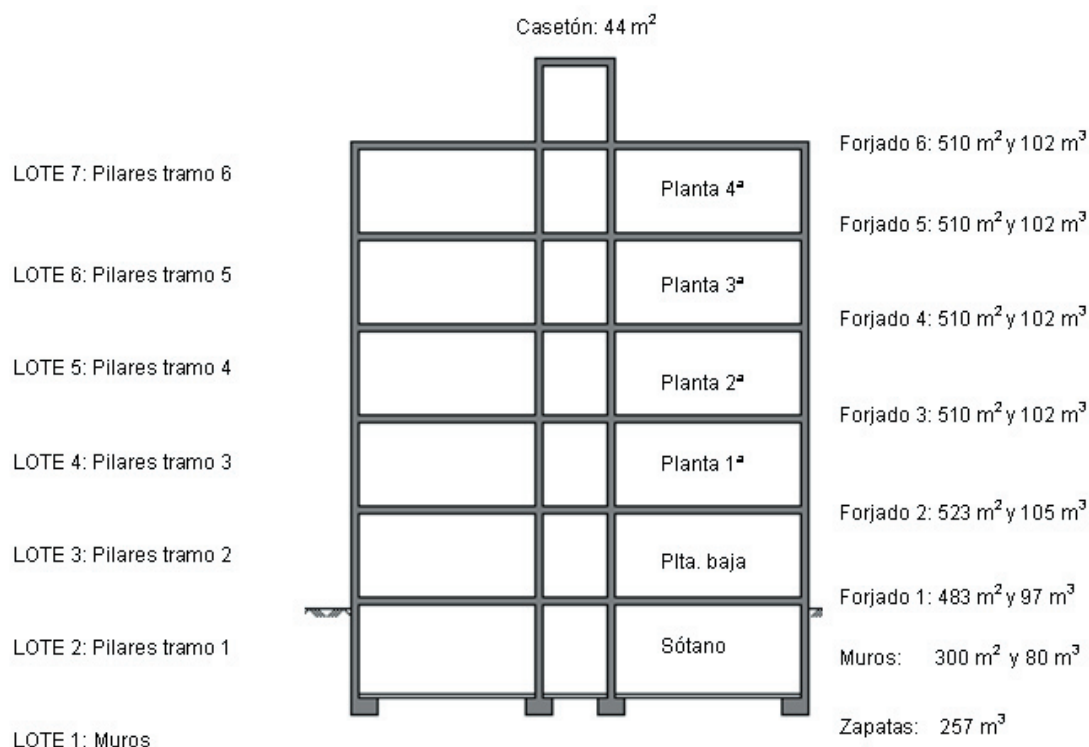


Fig. 4: Distribución de lotes para muros y pilares

4.2. DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA VIGAS Y FORJADOS

En cuanto a los “elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión”, consideramos la dificultad de dividir el mínimo de siete lotes entre las seis plantas.

En la fecha en la que se elabora esta comunicación, a mediados de septiembre de 2008, no disponemos de la versión oficial de la EHE-08 que editará el Ministerio de Fomento y que imaginamos que, como en las anteriores Instrucciones, dispondrá de comentarios al articulado. Un avance extraoficial al que hemos podido acceder, indica en este punto lo siguiente: *Los tamaños de los lotes definidos en la Tabla 86.5.4.1, que son los adecuados para la gran generalidad de obras, pudieran requerir una juiciosa adaptación en algún caso singular, cuando su aplicación directa conduzca a muestreos excesivamente pequeños o grandes.*

Este comentario disuade de cualquier tentación de reducir, en el ejemplo, los lotes a seis, si se pretendiera hacer coincidir el número de lotes con el de plantas, pues no se trata evidentemente de un “muestreo excesivamente grande”.

Volviendo al mínimo de siete lotes, dado que el forjado 1 no supera los 500 m² ni los 100 m³ y sin embargo el mayor de todos es el número 2, parece conveniente una división como la que se propone en la figura 5, donde se dedica el primer lote al forjado 1, el segundo al 2, el tercero conjuntamente al 2 y al 3, y los tres restantes para los forjados 4, 5 y 6. Con este reparto, en los forjados 4, 5 y 6 se superarían los límites superficiales y volumétricos pero en proporciones razonables de 10 m² y 2 m³, es decir, del 2% en ambos casos.

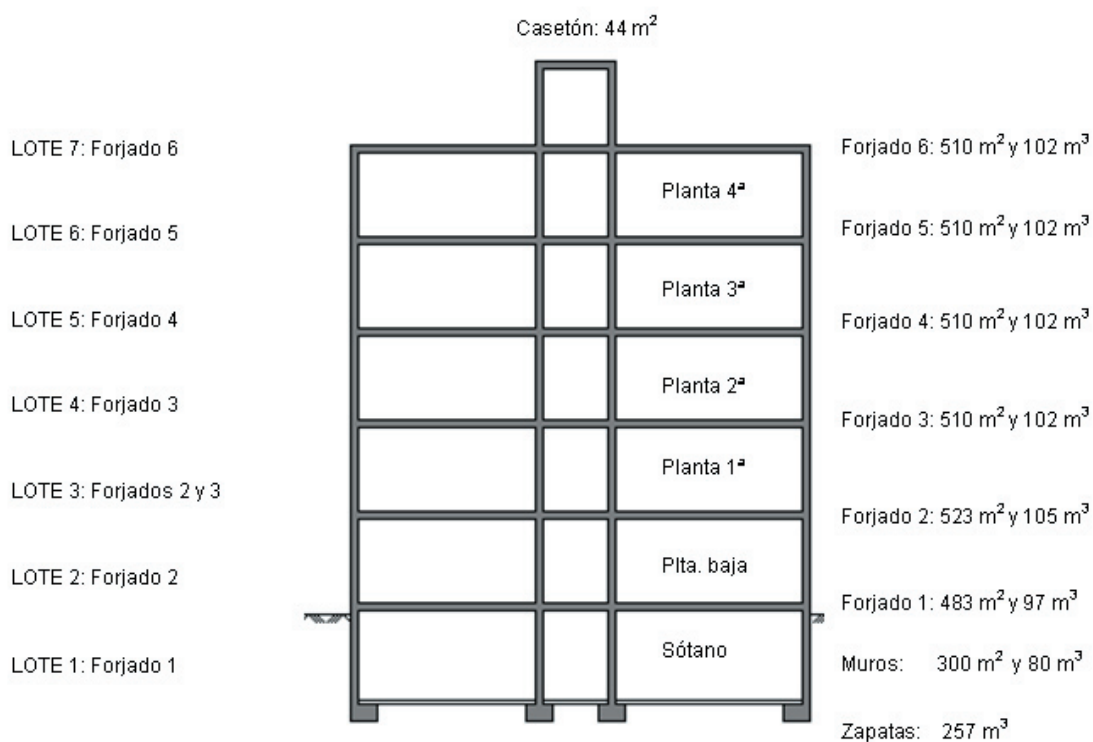


Fig. 5: Distribución de lotes para vigas y forjados

4.3. DIFERENCIA DEL NÚMERO DE LOTES ENTRE LA EHE Y LA EHE-08

Acabamos de calcular con la EHE-08 que el número mínimo total de lotes en este ejemplo era de diecisiete pero ¿qué resultado habríamos obtenido aplicando la EHE? En ese caso, para el cálculo de lotes en cimentación habríamos utilizado la columna derecha de la Tabla 88.4.a de la EHE y la columna izquierda para toda la estructura, con los siguientes valores:

Límite superior	Estructuras que tienen elementos comprimidos (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	$780 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}^3 = 7,8 = \mathbf{8 \text{ lotes}}$	$257 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}^3 = 2,57 = \mathbf{3 \text{ lotes}}$
Número de amasadas	$100 / 50 = \mathbf{2 \text{ lotes}}$	$30 / 100 = 0,3 = \mathbf{1 \text{ lote}}$
Tiempo de hormigonado	$14 \text{ semanas} / 2 \text{ semanas} = \mathbf{7 \text{ lotes}}$	$3 \text{ semanas} / 1 \text{ semana} = \mathbf{3 \text{ lotes}}$
Superficie construida	$3.390 \text{ m}^2 / 500 \text{ m}^2 = 6,78 = \mathbf{7 \text{ lotes}}$	—
Número de plantas	$6 / 2 = \mathbf{3 \text{ lotes}}$	—

Fig. 6: Número mínimo de lotes a ensayar, según EHE.

En total se obtiene un mínimo de once lotes: tres para cimentación y ocho para la estructura.

5.- FORMACIÓN DE LOTES EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS HORMIGONES CON DISTINTIVO DE CALIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO

Para la formación de lotes en el control estadístico de los hormigones con distintivo de calidad oficialmente reconocido, la EHE-08 establece en el apartado 86.5.4.1 “Lotes de control de la resistencia” lo siguiente:

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, podrá aumentarse su tamaño multiplicando los valores de la Tabla 86.5.4.1 por cinco o por dos, en función de que el nivel de garantía para el que se ha efectuado el reconocimiento sea conforme con el apartado 5.1 o con el apartado 6 del Anejo nº 19, respectivamente. En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en cada columna de la Tabla 86.5.4.1. En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

Respecto al distintivo de calidad considerado en el apartado 6 del Anejo 19, hay que destacar que tiene carácter transitorio hasta el 31 de diciembre de 2010.

6.- CASO PRÁCTICO DE FORMACIÓN DE LOTES EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS HORMIGONES CON DISTINTIVO DE CALIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO Y NIVEL DE GARANTÍA CONFORME AL APARTADO 6 DEL ANEJO 19

En este caso multiplicamos los valores de la Tabla 86.5.4.1 por dos, obteniendo los siguientes lotes como mínimo:

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	$161 \text{ m}^3 / 200 \text{ m}^3 = 0,8$ 1 lote	$619 \text{ m}^3 / 200 \text{ m}^3 = 3,1$ 4 lotes	$257 \text{ m}^3 / 200 \text{ m}^3 = 1,3$ 2 lotes
Tiempo de hormigonado	14 sem. / 4 sem. = 3,5 4 lotes	14 sem. / 4 sem. = 3,5 4 lotes	3 sem. / 2 sem. = 1,5 2 lotes
Superficie construida	$3.390 \text{ m}^2 / 1.000 \text{ m}^2 = 3,3$ 4 lotes	$3.090 \text{ m}^2 / 2.000 \text{ m}^2 = 1,5$ 2 lotes	—
Número de plantas	6 pl. / 4 pl. = 1,5 2 lotes	6 pl. / 4 pl. = 1,5 2 lotes	—

Fig. 7: Número mínimo de lotes a ensayar, según EHE-08, multiplicando los valores por dos.

Por tanto, es necesario programar un mínimo de cuatro lotes para muros y pilares, otros cuatro para vigas y forjados, y dos más para cimentación. Y de acuerdo con la Tabla 86.5.4.2, en estos hormigones el número mínimo de amasadas será de tres por lote. Obviando nuevamente los lotes de las zapatas, los de la estructura podrían repartirse como se propone en los esquemas de las figuras 8 y 9.

6.1. DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA MUROS Y PILARES

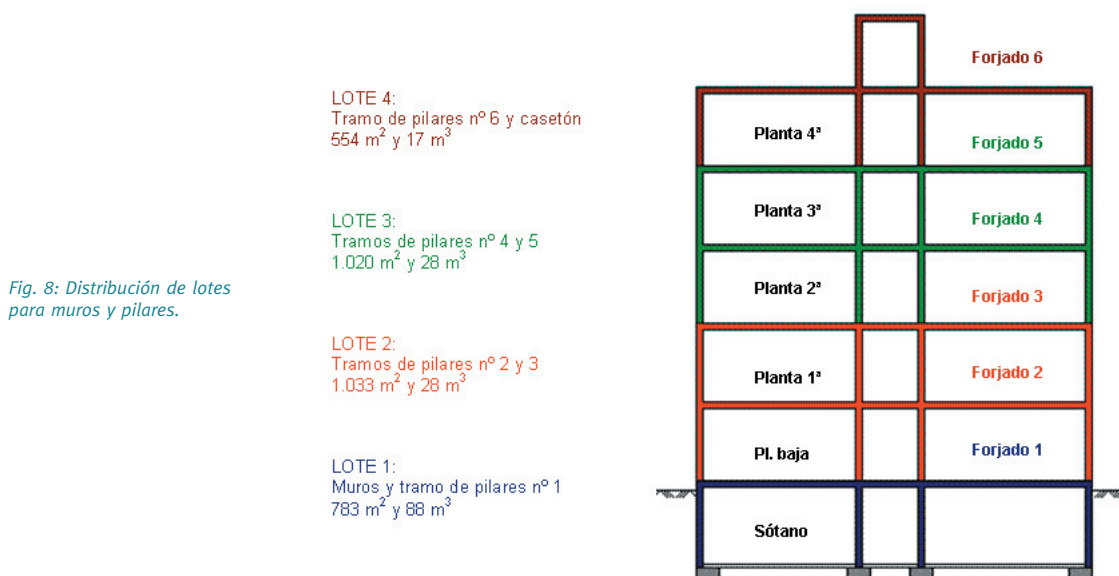


Fig. 8: Distribución de lotes para muros y pilares.

6.2. DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA VIGAS Y FORJADOS

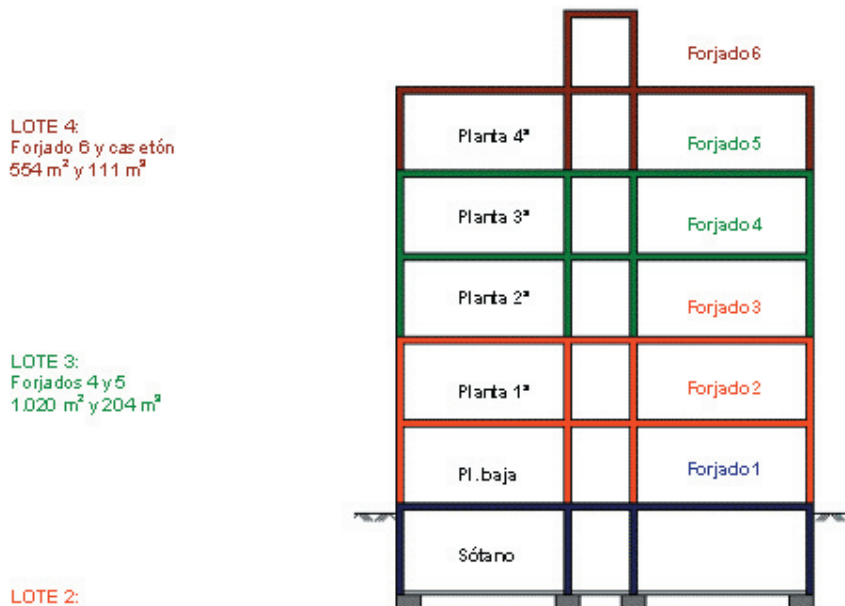


Fig. 9: Distribución de lotes para vigas y forjados.

7.- CASO PRÁCTICO DE FORMACIÓN DE LOTES EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS HORMIGONES CON DISTINTIVO DE CALIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO Y NIVEL DE GARANTÍA CONFORME AL APARTADO 5.1 DEL ANEJO 19

En este caso multiplicamos los valores de la Tabla 86.5.4.1 por cinco, con la salvedad de que en ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas, obteniendo los siguientes lotes como mínimo:

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	$161 \text{ m}^3 / 500 \text{ m}^3 = 0,3$ 1 lote	$619 \text{ m}^3 / 500 \text{ m}^3 = 1,2$ 2 lotes	$257 \text{ m}^3 / 500 \text{ m}^3 = 0,5$ 1 lote
Tiempo de hormigonado	14 sem. / 6 sem. = 2,3 3 lotes	14 sem. / 6 sem. = 2,3 3 lotes	3 sem. / 6 sem. = 0,5 1 lote
Superficie construida	$3.390 \text{ m}^2 / 2.500 \text{ m}^2 = 1,3$ 2 lotes	$3.090 \text{ m}^2 / 5.000 \text{ m}^2 = 0,6$ 1 lote	_____
Número de plantas	6 pl. / 10 pl. = 0,6 1 lote	6 pl. / 10 pl. = 0,6 1 lote	_____

Fig. 10: Número mínimo de lotes a ensayar, según EHE-08, multiplicando los valores por cinco.

En este caso es necesario programar un mínimo de tres lotes para muros y pilares, otros tres para vigas y forjados, y uno más para cimentación. De acuerdo con la Tabla 86.5.4.2, para los hormigones que disponen de distintivo de calidad con este nivel de garantía y cuyas resistencias características especificadas en proyecto f_{ck} no superan los 50 N/mm², el número mínimo de amasadas será de una por lote. Obviando nuevamente los lotes de las zapatas, los de la estructura podrían repartirse como se propone en los esquemas de las figuras 11 y 12.

7.1. DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA MUROS Y PILARES

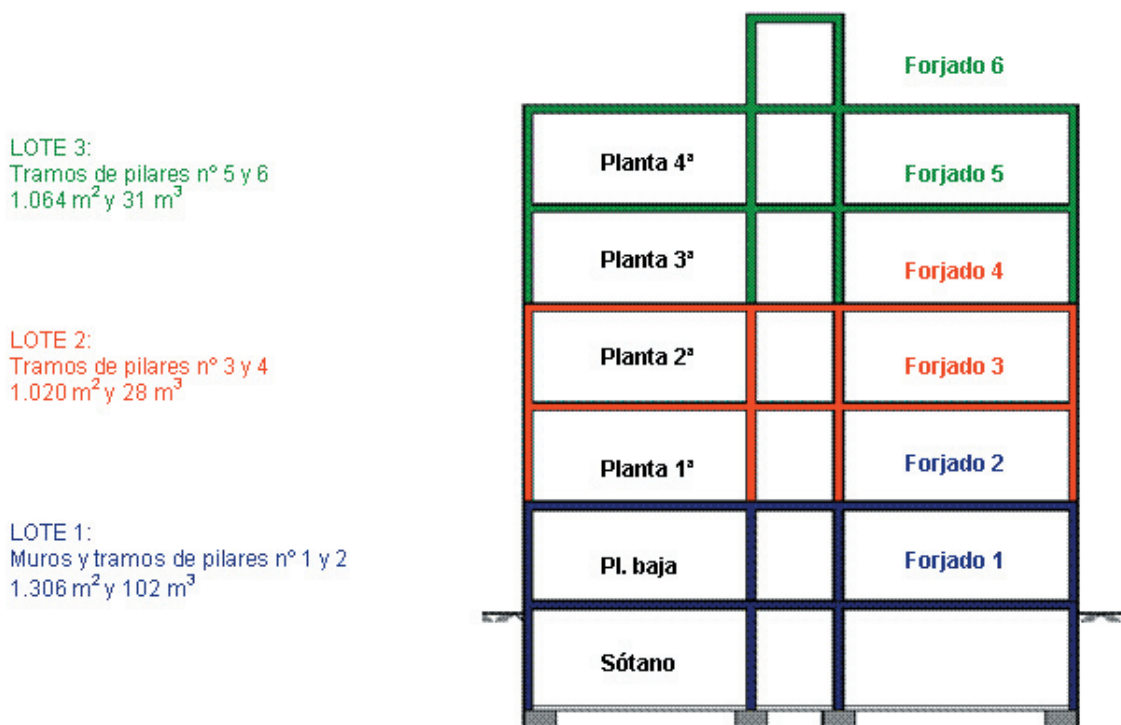


Fig. 11: Distribución de lotes para muros y pilares.

7.2. DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA VIGAS Y FORJADOS

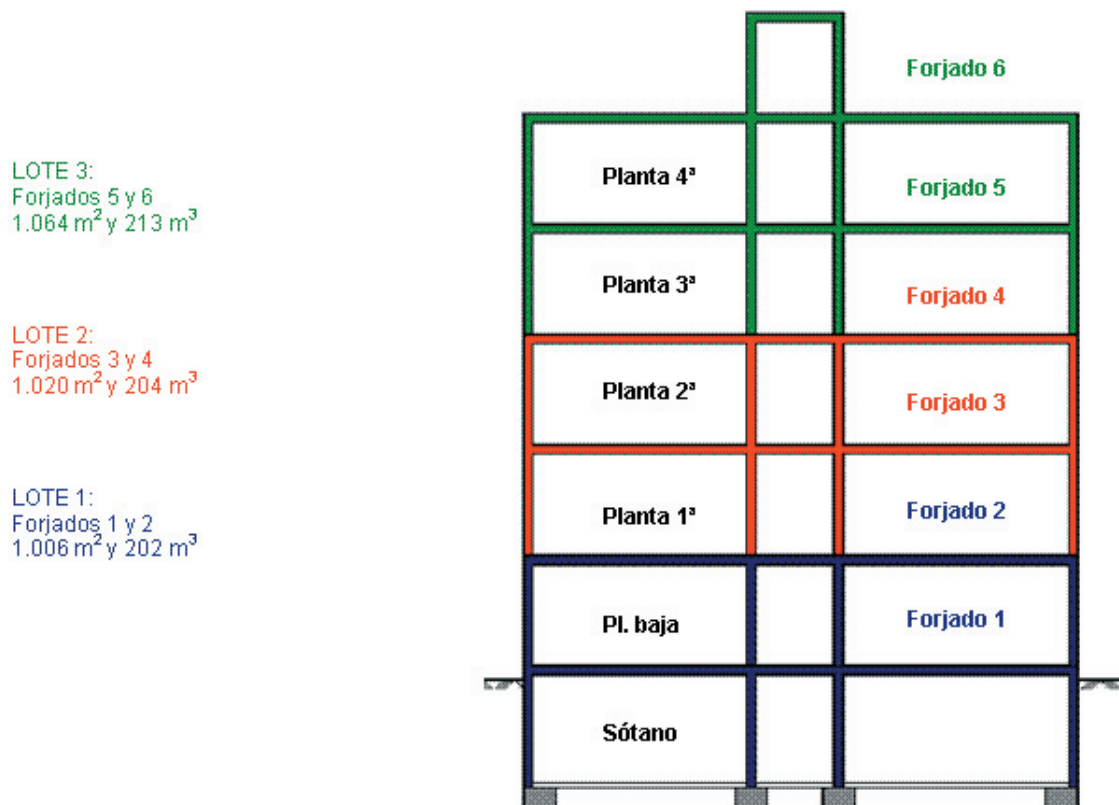


Fig. 12: Distribución de lotes para vigas y forjados.

8.- CONSIDERACIONES FINALES

Según el apartado 88.4 de la EHE, los lotes de hormigones cuyas resistencias características especificadas en proyecto f_{ck} sean de 25 N/mm² estarán compuestos de, al menos, dos amasadas.

Respecto a la EHE-08, la Tabla 86.5.4.2 establece que en los hormigones que disponen de distintivo de calidad con el nivel de garantía conforme al apartado 5.1 del Anejo 19 y cuyas resistencias características especificadas en proyecto f_{ck} no superan los 50 N/mm², será preciso ensayar, al menos, una amasada por lote. En los casos restantes y si f_{ck} no supera los 30 N/mm² habrá que realizar, como mínimo, tres amasadas por lote.

En el siguiente cuadro se puede observar la diferencia del número mínimo total de amasadas que será necesario ensayar para el caso práctico desarrollado, dependiendo de la Instrucción que se aplique y de que el hormigón disponga o no de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

Instrucción	Hormigón con distintivo de calidad	Nº de lotes en muros y pilares	Nº de lotes en vigas y forjados	Nº de lotes en zapatas	Nº mínimo de amasadas por lote	Nº mínimo total de amasadas
EHE	No	8 lotes		3 lotes	2 amasadas	22 amasadas
EHE-o8	No	7 lotes	7 lotes	3 lotes	3 amasadas	51 amasadas
EHE	Sí	4 lotes		2 lotes	2 amasadas	12 amasadas
EHE-o8	Sí (ap. 6 Anejo 19)	4 lotes	4 lotes	2 lotes	3 amasadas	30 amasadas
EHE-o8	Sí (ap.5.1 Anejo 19)	3 lotes	3 lotes	1 lote	1 amasada	7 amasadas

Fig. 13: Número mínimo de amasadas según Instrucciones EHE y EHE-o8, dependiendo de que el hormigón disponga o no de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

La conclusión que se extrae de estos resultados es que si el hormigón no dispone de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, el número mínimo de amasadas a ensayar será de más del doble aplicando los criterios de la EHE-o8 frente a los que se utilizaban con la EHE. En el caso que nos ocupa se pasa de 22 a 51 amasadas, es decir, se produce un incremento del 131%.

Si comparamos el número de amasadas precisas para un hormigón que dispone de distintivo de calidad con el nivel de garantía conforme al apartado 6 del Anejo 19 de la EHE-o8, con el que es necesario si a ese hormigón con distintivo de calidad se le aplica la EHE, la diferencia es de 30 frente a 12. Por tanto, el aumento del número de amasadas sería del 150% más con la EHE-o8 que con la EHE.

Exclusivamente si el hormigón dispone de un distintivo de calidad con el nivel de garantía conforme al apartado 5.1 del Anejo 19 de la EHE-o8, el número de amasadas resultante es inferior que si aplicamos la EHE. En este caso, la reducción es de 12 a 7, es decir del 41%, pero no se produce por una disminución en el número de lotes, pues con la EHE son necesarios 6 y con la EHE-o8 se precisan 7, sino porque el número de amasadas desciende de dos a una, por cada lote a ensayar.

BIBLIOGRAFÍA

Instrucción de Hormigón Estructural EHE-o8.

Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado EH-91.

Guía práctica de la EHE para su aplicación al control de calidad en la Comunidad Valenciana. Editada por los Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Alicante, Castellón y Valencia.